

Potencijal korišćenja mineralnih voda na području grada Prijedora u Republici Srpskoj

MILICA D. STEPANOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
ORCID: 0009-0006-1594-3898
DRAGOLJUB I. BAJIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
ORCID: 0000-0002-4839-1093

Stručni rad
UDC: 556.114(497.6)
338.483(497.6)
DOI:10.5937/tehnika2503280S

Šire područje oko grada Prijedora još uvek je prepoznatljivo po eksploataciji uglja sa površinskog kopa „Bukova kosa-Prijedor“. Pojava uglja u ovom ležištu vezana je za miocenske sedimente, čija je starost određena kao $M_{1,2}$, u okviru jezerskog basena Palančište. Sprovedenim hemijskim analizama uzoraka voda na nešto širem području pomenutog površinskog kopa utvrđeno je značajno prisustvo jona sulfata, ali i povišene mineralizacije. Ovakve hidrohemijske karakteristike mogu sugerisati na mogućnost korišćenja ovih voda za različite namene, poput npr: flaširanja, balneološke svrhe, banjski turizam i slično, uz prethodnu obaveznu rekultivaciju terena obuhvaćenog površinskim kopom. Pored uobičajene prakse da se rekultivisani teren nakon eksploatacije ruda iskoristi za dobijanje poljoprivrednih ili površina pokrivenih šumom, nekada i jezerima, poslednjih godina se takvi tereni u svetu koriste i za potrebe tzv. geoturizma. Ovaj pojam se zapravo odnosi na posećivanje lokacija koje imaju veliki geološki i geografski značaj, uključujući i one koje su nekada predstavljale površinske kopove ili rudnike. U radu je dat osvrt na mogućnosti iskorišćenja degradiranog terena koje obuhvata sadašnji površinski kop uz prethodnu rekultivaciju, upravo za slične potrebe: mogućnosti pokretanja banjskog turizma.

Ključne reči: joni sulfata, rekultivacija, geoturizam, banjski turizam

1. UVOD

Na području Republike Srpske, mineralne vode se uglavnom vezuju za područje opština Novi Grad, Kozarska Dubica, Petrovo, Zvornik, Srebrenica [1]. Njihovo korišćenje je najčešće fokusirano na flaširanje ili balneološke svrhe. Šire područje oko grada Prijedora još uvek je prepoznatljivo po eksploataciji uglja sa površinskog kopa „Bukova kosa“. Međutim, sprovedenim hemijskim analizama uzoraka voda na nešto širem području pomenutog površinskog kopa je utvrđeno značajno prisustvo jona sulfata, ali i povišene mineralizacije. Ovakve hidrohemijske karakteristike mogu sugerisati na mogućnost korišćenja ovih voda za različite namene, poput npr: flaširanja, balneološke svrhe, banjski turizam i slično.

Činjenica je, međutim, da površinska eksploatacija mineralnih sirovina može dovesti do trajnih

promena u strukturi zemljišta, gubitka vegetacionog pokrivača ili narušavanja hidrogeoloških i hidroloških režima voda koje se javljaju na datom području, obaranja nivoa podzemnih voda, što u konačnom ima veliki uticaj i na njihovo zagađivanje. Zbog toga rekultivacija takvih područja predstavlja neizostavni proces koji se sprovodi u cilju ekološke obnove i stvaranja uslova za dalji socio-ekonomski razvoj.

Pored uobičajene prakse da se rekultivisano zemljište nakon eksploatacije ruda iskoristi za dobijanje poljoprivrednih ili površina pokrivenih šumom (kao što je npr. urađeno na prostoru Ljubijske metalogenetske oblasti u Republici Srpskoj) parkovima, nekada i jezerima [2], [3], [4], poslednjih godina se takvo zemljište u svetu koristi i za potrebe tzv. geoturizma. Ovaj pojam se zapravo odnosi na posećivanje lokacija koje imaju veliki geološki i geografski značaj, o čemu su pisali brojni autori, uključujući i one koje su nekada predstavljale površinske kopove ili rudnike [5], [6], [7], [8], [9]. Jedan od takvih poduhvata je npr. onaj u blizini Šangaja, kada je na prostoru nekadašnjeg kamenoloma izgrađen luksuzni hotel („Groundscaper InterContinental Shanghai Wonderland Shi-mao“).

Adresa autora: Milica Stepanović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7
e-mail: milica.stepanovic@rgf.bg.ac.rs
Rad primljen: 03.04.2025.
Rad prihvaćen: 12.05.2025.

Australija je proizvodila oko 95% od ukupnih rezervi mineraloida opala na svetskom nivou [10]. Na mestu nekadašnjeg rudnika opala u južnoj Australiji, čija je eksploatacija trajala nekih pedesetak godina, izgrađen je hotel pod nazivom „Comfort Inn“ u gradiću Kuber Pidi, koji se nazivao i „prestonicom opala“. Ono što je zanimljivo jeste da se hotel nalazi ispod nivoa zemlje. Dalje, jedan od najvećih i najpoznatijih rudnika soli na svetu, „Salina Turda“ u Transilvaniji (Rumunija) radio je sve do 1932. godine. Taj prostor je devedesetih godina prošlog veka iskorišćen za izgradnju zabavnog parka koji se nalazi na oko 100 m ispod zemlje. Unutrašnjost rudnika je dobro očuvana, iz razloga što tada nije korišćen eksploziv pri eksploataciji. Ispod etaže na kojoj se sada nalazi zabavni park, postoji i jezero i „slani vodopadi“. Veruje se da je mikroklima ovog mesta lekovita, naročito za bolesti respiratornog sistema. Pored toga, postoji i „spa centar“ u kome se nalaze bazeni, saune i slično.

Na mestu jednog od najvećeg nalazišta (površinskog kopa) kalaja u svetu, u gradu Seri Kembangan (Malezija), napravljen je luksuzni wellness centar, pod nazivom „Mines Wellness City“.

U austrijskom gradiću Bad Bleiberg, tokom 1950. godine otkrivena je termalna voda koja se pojavljivala u okviru tadašnjeg rudnika olova i cinka, za koju se ispostavilo da ima značajna terapijska svojstva. Zbog toga je, nakon zatvaranja rudnika, tokom devedesetih godina prošlog veka u ovom gradiću formirana banja sa sada luksuznim hotelima, koja je vrlo popularna među turistima. Zanimljivo je da tamo postoji tzv. „lekoviti tunel“, koji je zapravo nekadašnja galerija. Danas je on posebno namenjen bolesnicima sa respiratornim problemima, poput bronhijalne astme ili hroničnih alergija [11].

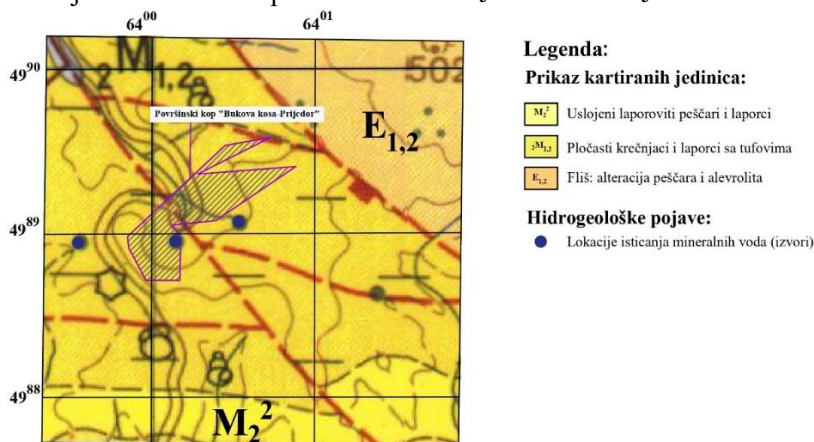
Sličan model održive rekultivacije se može primeniti i na području Prijedora, uz prethodno izvođenje detaljnih geoloških/hidrogeoloških istraživanja sa ciljem jasnijeg utvrđivanja karakteristika pomenutih

voda i definisanja mogućnosti za njihovo eventualno korišćenje. Kombinacijom odgovarajućih metoda rekultivacije terena i valorizacijom resursa mineralnih voda moguće je postići dvostruki efekat: obnavljanje životne sredine i istovremeni socio-ekonomski razvoj ove regije na račun korišćenja pomenutih resursa.

2. ISTRAŽNO PODRUČJE

Pojava mineralnih voda na ovom području se vezuje za prostor koji obuhvata sadašnji površinski kop „Bukova kosa - Prijedor“. Navedeno područje je prema sprovedenim geološkim istraživanjima nastalo kao posledica intenzivnih tektonskih pokreta koji su se dešavali krajem paleogena i početkom neogena. Pomenuti pokreti su usloveli formiranje međuplaninskih depresija, tektonskih rovova i potolina. Tom prilikom su se formirali jezerski baseni u okviru kojih je dolazilo do akumuliranja organske materije, čijom je transformacijom tokom geološke istorije nastajao ugalj [12]. Pojava uglja u ležištu „Bukova kosa - Prijedor“ vezana je za miocenske sedimente, čija je starost određena kao $M_{1,2}$, u okviru jezerskog basena Palančište. Važno je naglasiti da tereni koji obuhvataju pomenute miocenske sedimente (dakle sa ugljonosnom serijom), izgrađuju i područja van onoga koje je obuhvaćeno istraživanjima za potrebe površinskog kopa u pravcu jugozapada, juga i jugoistoka (slika 1).

Klasifikacija hidrogeoloških karakteristika istražnog terena je izvršena na osnovu vrste strukturne poroznosti zastupljenih sedimenata i stena kao i prema stepenu vodopropusnosti [13]. Na taj način, peščari i alevroliti eocenske starosti, ($E_{1,2}$, slika 1) prema pomenutoj klasifikaciji pripadaju praktično nepropusnim terenima koje odlikuje vrlo slaba vodopropusnost. Miocenske sedimente ($M_{1,2}$, slika 1) karakteriše pukotinska poroznost i slaba vodopropusnost. Kaverozno-pukotinska poroznost razvijena je u okviru uslojenih laporaca i peščara (M_2^2) za koje je vodopropusnost ocenjena kao srednja.



Slika 1 - Površinski kop „Bukova Kosa“ na geološkoj karti razmere 1:25 000 [14] sa lokacijama izvora mineralnih voda

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Na nešto širem području obuhvaćenom granicama istražnog prostora površinskog kopa, sprovedene su hemijske analize uzoraka voda (ukupno tri) u akreditovanoj laboratoriji, tokom decembra meseca 2023. godine. Uzorkovanje voda je vršeno na lokacijama isticanja (slika 1), koje se nalaze u blizini prostora obuhvaćenog sadašnjim površinskim kopom. Pomenute analize sprovedene su u skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće, *Sl. Glasnik SRJ*, br. 42/1998, 44/1999 i 28/2019 [15] i obuhvatile su ispitivanja pH vrednosti, elektro-provodljivosti, temperature, ukupne tvrdoće, zatim rastvorenih materija poput: kalcijuma, magnezijuma, natrijuma, kalijuma, hlorida, hidrokarbonata, sulfata, nitrata, nitrita, amonijaka, ukupnog gvožđa i mangana i mineralizacije. Za pomenute uzorke voda, izvršena je klasifikacija prema Klutu i definisane su formule Kurlova. S obzirom na to da se pojava mineralnih voda na ovom području vezuje za lokalitet površinskog kopa „Bukova kosa“, razmatran je i Zakon o rudarstvu Republike Srpske (*Sl. glasnik RS*, br. 62/18, [16]) u kontekstu mogućnosti rekultivacije degradiranog terena.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Prema rezultatima navedenih hemijskih analiza uzoraka voda utvrđeno je prisustvo jona sulfata u koncentracijama koje su više od zakonski dozvoljenih (prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće, *Sl. glasnik SRJ*, br. 42/1998, 44/1999 i 28/2019, [15]). Pored jona sulfata, u okviru dva uzorka zabeležena je povišena koncentracija jona magnezijuma, odnosno jona kalcijuma u okviru jednog uzorka. Povišena mineralizacija (iznad 1 g/l rastvorenih materija) takođe je registrovana u okviru dva od tri ispitivana uzorka. Na osnovu sprovedenih ispitivanja, zaključak je da prvi uzorak pripada malomineralizovanim, dosta tvrdim vodama (prema klasifikaciji Kluta), hidrokarbonatno-sulfatne klase, kalcijumske grupe. Vode drugog uzorka odgovaraju mineralnim, dosta tvrdim vodama (vrednost mineralizacije iznosi 1433,06 mg/l), sulfatno-hidrokarbonatne klase, kalcijumsko-magnezijumsko-natrijumske grupe, dok mineralnim, vrlo tvrdim vodama, sulfatne klase, kalcijumsko-magnezijumske grupe odgovara treći uzorak vode. Formule Kurlova za sva tri uzorka se mogu predstaviti na sledeći način:

- Uzorak 1:

$$M_{0.41} \frac{HCO_{76}^3 SO_{19}^4}{Ca_{47} Mg_{35}}$$

- Uzorak 2:

$$M_{1.43} \frac{SO_{52}^4 HCO_{46}^3}{Ca_{40} Mg_{30} Na_{29}}$$

- Uzorak 3:

$$M_{2.73} \frac{SO_{84}^4}{Ca_{56} Mg_{37}}$$

Sulfatni joni generalno predstavljaju glavne anjone (makrokomponente) koje se javljaju u okviru gotovo svih prirodnih voda. Njihovo pojavljivanje se naročito vezuje za morske i jezerske visokomineralizovane vode [17]. Sulfati su najčešće u asocijaciji sa jonima Na^+ , Mg^{2+} i/ili Ca^{2+} . U okviru podzemnih voda čije se pojavljivanje vezuje za velike dubine, jona sulfata obično ima malo, ili se beleži njihovo potpuno odsustvo zbog redukcionih procesa, kada tokom procesa desulfatizacije dolazi do njihove redukcije do H_2S . Prisustvo ovog jedinjenja je neretko indikator postojanja naftnih i gasnih ležišta [18].

Poreklo sulfata u prirodnim vodama je vrlo raznoliko: mogu poticati od sedimentnih stena u čijem je sastavu gips ili anhidrit, zatim na račun oksidacionih procesa samorodnog sumpora, sulfidnih minerala ili sumporvodonika [19]. U okviru metaličnih i sulfidnih ležišta, dolazi do oksidacije metala koji se javljaju u vidu pirita, halkopirita, sfalerita i sl. Podzemne vode koje se vezuju za ovakva ležišta se često nazivaju rudničkim vodama, koje obično karakteriše visok sadržaj jona sulfata, izrazito niske pH vrednosti (usled hemijske oksidacije sulfida uz prisustvo bakterija), visok sadržaj slobodne sumporne kiseline i teški metali. Usled promene režima podzemnih voda (pre svega, promene nivoa vode), dolazi i do promene količine kiseonika koji direktno utiče na količinu sulfata u vodama.

Pored toga, joni sulfata mogu nastati i kao produkti raspadanja organskih materija koje sadrže sumpor. To je tzv. ciklus kruženja sumpora u prirodi, koji se odvija na način da najpre biljke apsorbuju iz tla rastvorene sulfate i koriste sumpor za izgradnju belančevina. Jedan deo sumpora potom dolazi u organizam životinja koje koriste biljke u svojoj ishrani, da bi nakon njihovog odumiranja došlo do oslobađanja sumpora u obliku H_2S . Vodonik sulfid zatim ponovo oksidiše delom do samorodnog sumpora, a delom do sulfata, i na taj način dolazi do kruženja sumpora u prirodi [17].

Raspadanje organskih materija koje sadrže sumpor je najverovatnije i razlog pojavljivanja ovih jona u uzorcima voda na ovom području, i to u koncentracijama iznad onih koje su zakonski dozvoljene. Prema podacima Ministarstva industrije, energetike i rudarstva Republike Srpske [1], ležišta mrkog uglja u Republici Srpskoj odlikuju se različitim sadržajem sumpora, pa tako npr. u Banjalučkom ležištu (površinski kop „Lauš“), procenat ovog elementa iznosi oko 5%, u Tesliću oko 2%, Mesićima 1,17 %, istočnoj Majeveci (revir Delići) 6,23%, dok u Prijedorskom ležištu taj procenat iznosi oko 8%. Generalno, sva

ležišta mrkog uglja na području Republike Srpske pripadaju limničko-terestičkim sedimentima miocena i eventualno gornjeg eocena, što je dakle bila povoljna sredina za nagomilavanje ovog elementa (i pratećih jedinjenja). Kroz interakciju „voda-stena“, došlo je i do obogaćivanja podzemnih voda jedinjenjima sumpora, pre svega jona SO_4^{2-} , što pokazuju i sprovedene hemijske analize.

Jedno od objašnjenja nastanka mineralnih sulfatnih voda, u sredinama sličnim onoj koja se javlja i na nešto širem području od sadašnjeg površinskog kopa „Bukova kosa - Prijedor“ može se naći kod [18]. Prema pomenutoj autorki, geneza ovih voda može poticati od kvartarnih naslaga u čijoj građi učestvuje treset, za koga se najčešće vezuje sulfatno-kalcijumski tip voda. Pod uticajem biohemijske desulfatizacije, dolazi do oslobađanja sulfata kada se voda obogaćuje sumporovodnikom.

U zavisnosti od uslova nastanka (tektonike, litološkog sastava stena, dubine zaleganja i sl), sulfatne vode mogu biti hladne (ispod 20°C) ili tople (preko 20°C), obogaćene različitim mikroelementima koji mogu biti značajni u terapijskom pogledu, ili praćene različitim gasovima. Poznavanje svih navedenih parametara veoma je važno iz razloga što upravo oni utiču na mogućnosti korišćenja tih voda za različite namene. Kod sulfatnih mineralnih voda, karakteristično je npr. prisustvo gasova, poput npr. azota, kiseonika, ili H_2S . Ovaj poslednji može biti prisutan u okviru kisele sredine, kada se naziva sumporovodnik, ili alkalne (vodonik-sulfid). Geneza pomenutog gasa se između ostalog vezuje i za procese truljenja organske materije, i često je prisutan u okviru tresetišta, što bi značilo da njegovo prisustvo nije isključeno ni na ovom području.

Kako je ranije naglašeno, mineralne vode na ovom području se vezuju za prostor površinskog kopa „Bukova kosa-Prijedor“ i njegovu bližu okolinu. S obzirom na to da je eksploatacija procenjena na period do kraja 2024. godine, moguće je otvoriti priču o načinima i mogućnostima rekultivacije terena, te njegovu vraćanje prvobitnoj nameni, ili prenameni za nove potrebe, u ovom slučaju, eventualnu eksploataciju mineralnih voda. Rekultivacija terena je u Republici Srpskoj obavezna prema Zakonu o rudarstvu (*Sl. Glasnik RS*, br. 62/18) [16].

U suštini, rekultivacija se odnosi na niz rudarsko-tehnoloških, inženjersko-geoloških, hidrotehničkih i bioinženjerskih (agronomskih i šumarskih meliorativnih postupaka), i drugih tehničkih mera i postupaka koji se preduzimaju radi transformacije tehnogeno narušenog zemljišta u stanje koje je pogodno za različite aktivnosti, poput: poljoprivrede, šumarstva, ribarstva, sporta i rekreacije, turizma, otvaranja banjsko-

rehabilitacionih i zdravstvenih centara, gradnju različite namene i slično. Rekultivacijom se generalno pospešuje obnavljanje autohtonih i oživljavanje novih kako biljnih, tako i životinjskih vrsta, formiranje stabilnih ekoloških zajednica, a sve u cilju ekološke ravnoteže čovekove okoline i održivog razvoja prirodnih obnovljivih i neobnovljivih resursa [19].

Postupcima tehničke i biološke rekultivacije se područja obuhvaćena rudarskim radovima (bez obzira na stepen devastacije) mogu uspešno sanirati i potom koristiti i za neke druge namene, kako u toku eksploatacije, tako i u posteksploatacionom periodu. Takva praksa, koja dakle uključuje brigu za životnom sredinom je najranije zaživela na nemačkim površinskim kopovima (sredinom XIX veka), ali je široku primenu našla i u SAD-u, Velikoj Britaniji, Australiji.

Kako bi se utvrdilo da li se podzemne (mineralne) vode sa ovog područja mogu koristiti za različite svrhe, neophodno je sprovesti odgovarajuće geološke i druge, negeološke metode (hidrološke, hidrometeorološke, hidrauličke, hidrogeohemijske i sl). S obzirom na to da postoje brojni podaci o delovima terena za koje se vezuje pojavljivanje podzemnih voda koje su bogate sulfatima, odnosno, da je u toku eksploatacija mrkog uglja sa površinskog kopa „Bukova kosa-Prijedor“, opseg istraživanja bi svakako bio manji, u smislu da su već obrađena osnovna hidrogeološka istraživanja, i uslovno rečeno, deo detaljnih hidrogeoloških istraživanja.

Navedeno podrazumeva da je detaljno izvršena analiza i karakterizacija prisutnih litoloških jedinica i njihovo stratigrafsko raščlanjivanje, na osnovu pre svega rezultata istražnog bušenja i izvršenog uzorkovanja. Predlog za dalja (detaljna) istraživanja u pravcu eventualnog korišćenja mineralnih voda, podrazumevao bi uključivanje relevantnih stručnjaka (pre svega, hidrogeologa), kako bi se detaljno utvrdili uslovi formiranja, postojanja i obnavljanja mineralnih voda, zatim kvalitativne i kvantitativne karakteristike mineralnih voda (praćenje režima kvantiteta i uzorkovanje voda za izradu kompletnih fizičko-hemijskih analiza), odnosno, eksploatacionih rezervi, odredio način racionalnog zahvatanja koji podrazumeva i izbor mesta za zahvatanje, tipa vodozahvata i količine mineralnih voda koje se mogu zahvatati, na način da se ne ugrozi njihovo obnavljanje tokom eksploatacije.

Na kraju, ukoliko se istraživanjima dođe do zaključka da je eksploatacija mineralnih voda bezbedna sa aspekta njihovog režima i ekonomski isplativa za dugoročno korišćenje, neophodno je obezbediti i njihovu zaštitu, u smislu određivanja zona sanitarne zaštite, a u skladu sa postojećom zakonskom regulativom u Republici Srpskoj. Svakako, istraživanja se nastavljaju i sve vreme dok traje eksploatacija mineralnih voda,

u smislu sprovođenja kontinuiranog monitoringa kvantitativnog i kvalitativnog režima i uz to, izradom prateće dokumentacije.

Minerane vode generalno predstavljaju dragocen resurs, pre svega iz razloga što su i mogućnosti njihovog korišćenja veoma raznolike. Naime, u zavisnosti od toga o kom se tačno tipu radi (mineralne, termalne, termomineralne), što bi svakako trebalo da pokažu i rezultati prethodno opisanih istraživanja, moguće ih je koristiti za zdravstveno-turističke svrhe, tj. u banjama, rekreacije i/ili lečenja, zatim za potrebe flaširanja, u industrijske svrhe, ili, ukoliko je reč o termalnim vodama, kao hidrogeotermalna energija (npr. za toplifikaciju naselja, zagrevanje staklenika i sl.). Otvaranje banjskog kompleksa verovatno predstavlja najinteresantniji vid korišćenja mineralnih voda, što bi eventualno mogao biti slučaj i na ovom području. Naime, banje su vekovima bile prepoznate kao mesta na kojima se obavljalo lečenje raznih oboljenja korišćenjem mineralnih voda i lekovitih blata, bilo pijenjem, u vidu kupki, ili inhalacija. U savremenom društvu međutim, njihov značaj prevazilazi isključivo zdravstveni aspekt (uključujući i preventivu - tzv. „spa“ i „wellness“ centri) i obuhvata i brojne druge sfere: društvene, ekonomske, ekološke i sl.). Zdravstvene pogodnosti koje banje pružaju su tradicionalno jedan od glavnih razloga za njihovu popularnost. U zavisnosti od toga kakav je tip mineralne ili termalne vode, moguće ih je koristiti za lečenje oboljenja, poput npr. reumatoloških, dermatoloških, respiratornih, srčanih i slično. Uvođenje savremenih wellness i spa centara u banjskim kompleksima doprinosi poboljšanju kvaliteta života i prevenciji bolesti, što svakako dodatno povećava njihov značaj. Može se reći da banje imaju značajan društveni uticaj, kako na lokalno stanovništvo, tako i na posetioce. One ne samo da pružaju mogućnost za relaksaciju i poboljšanje zdravlja, već i promovišu kulturnu razmenu između turista i domaćeg stanovništva. Otvaranje banjskog kompleksa može unaprediti društvenu koheziju kroz stvaranje novih mesta okupljanja i relaksacije, ali može uticati i na podizanje svesti o značaju očuvanja prirodnih resursa. Razvoj banjskog turizma može imati kako pozitivne, tako i negativne ekološke uticaje. Sa jedne strane, povećanje svesti o važnosti očuvanja prirodnih resursa, kakve su i mineralne ili termalne vode često vodi ka većoj brizi o zaštiti životne sredine. Sa druge strane, međutim, povećan priliv turista može predstavljati izazov za očuvanje ekološke ravnoteže. Zbog toga je važno da se banjski kompleksi razvijaju u skladu sa principima održivog razvoja, kako bi se minimizirali potencijalni negativni uticaji na okolinu.

Otvaranje banjskog kompleksa može imati i veoma značajan uticaj na ekonomski razvoj regije ili grada u kome se nalazi, koji se manifestuje kroz povećanje

turizma, otvaranje novih radnih mesta, rast prihoda od poreza, podsticanje razvoja infrastrukture i privlačenje dodatnih investicija.

Banje su naročito privlačne za turiste, ne samo zbog svojih terapijskih svojstava, već i zbog često prelepih okruženja u kojima se nalaze. Otvaranje banjskog kompleksa može značajno povećati broj domaćih i međunarodnih posetilaca u toj regiji. Povećanje broja turista doprinosi porastu prihoda lokalnih preduzeća poput hotela, restorana, trgovine i ostalih uslužnih delatnosti. Takav rast može postati stabilan izvor prihoda za lokalnu zajednicu, naročito ukoliko se kompleks razvije u atraktivnu destinaciju za turizam tokom cele godine.

Razvoj banjskog turizma direktno doprinosi i otvaranju novih radnih mesta. U početnim fazama se to odnosi na građevinske radnike i inženjere koji su angažovani na izgradnji kompleksa. Nakon otvaranja, potreba za osobljem u sektoru usluga postaje ključna. Povećanje stope zaposlenosti može imati dugoročne pozitivne efekte na lokalnu ekonomiju, smanjujući nezaposlenost i ujedno povećavajući kupovnu moć lokalnog stanovništva.

Sa povećanjem broja turista i otvaranjem novih preduzeća, dolazi do rasta prihoda od poreza u okviru regiona gde se banja nalazi. Od poreza na smeštaj i usluge, povezanih sa banjskim turizmom, moguće je obezbediti dodatna ulaganja u infrastrukturu, obrazovanje, zdravstvo i ostale ključne sektore, odnosno, izvršiti reinvesticiju u dalji razvoj regiona.

Izgradnja banjskog kompleksa često zahteva unapređenje lokalne infrastrukture, što podrazumeva npr. puteve, vodovodne i kanalizacione sisteme ili energetsku mrežu. Na taj način se olakšava funkcionisanje banje, ali se i podiže standard života lokalnog stanovništva. Pored toga, adekvatna infrastrukturna mreža može privući dodatne investitore i podstaći otvaranje turističkih ili industrijskih objekata u datoj regiji. Takođe, investitori mogu biti zainteresovani za razvoj stambenih naselja ili komercijalnih centara u blizini banjskog kompleksa, što dodatno povećava ekonomski potencijal regije.

Generalno, banje mogu pomoći lokalnoj ekonomiji na način da se smanji zavisnost od tradicionalnih industrija na datom području. Ovakav oblik turizma se smatra održivim, iz razloga što ima tendenciju da privlači posetioce sa visokim prihodima. Na taj način se stvara stabilna osnova za dugoročni ekonomski rast, dok region postaje manje ranjiv na ekonomske fluktuacije u drugim sektorima.

5. ZAKLJUČAK

Sprovedenim hemijskim analizama uzoraka voda na nešto širem području površinskog kopa „Bukova

kosa-Prijedor“ je utvrđeno značajno prisustvo jona sulfata, ali i povišene mineralizacije.

Ovakve hidro-hemijske karakteristike mogu sugerisati na mogućnost korišćenja ovih voda za različite namene, poput npr. flaširanja, balneološke svrhe, banjski turizam i slično, uz prethodnu obaveznu rekultivaciju terena obuhvaćenog površinskim kopom. U radu je akcenat dat na mogućnosti njihovog korišćenja za potrebe banjskog turizma, pre svega zbog mnogobrojnih pogodnosti: zdravstvenih, ekoloških, ekonomskih i slično.

Dalje istraživanje mineralnih voda na području grada Prijedora predstavlja ključni korak koji treba doprineti razvoju strategija za efikasno „gazdovanje“ ovim resursima, u funkciji očuvanja njihovog kvaliteta i kvantiteta, uz obezbeđivanje adekvatnih mera za njihovu zaštitu.

Rekultivacija terena koji je prethodno korišćen za površinsku eksploataciju predstavlja važan aspekt održivog razvoja i revitalizacije degradiranih područja. U tom kontekstu, rekultivacija ne samo da obezbeđuje stabilnost tla i obnovu vegetacije, već može poslužiti i kao osnova za razvoj nekih drugih delatnosti, poput npr. turizma.

Primenom geoloških/hidrogeoloških istraživanja za potrebe jasnijeg definisanja karakteristika voda u kojima je registrovana povišena koncentracija jona sulfata, u kombinaciji sa rekultivacijom terena može rezultirati projektima i radovima koji doprinose obnovi životne sredine ali i ekonomskom razvoju ove regije kroz turizam, odnosno, otvaranjem banjskog kompleksa. Ovo poslednje može značajno doprineti ekonomskom prosperitetu regije ili grada, ali je za postizanje punog potencijala ovog razvoja ključno planiranje i implementacija odzivih i integrisanih strategije, uz angažovanje relevantnih stručnjaka.

6. ZAHVALNICA

Autori izražavaju zahvalnost Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na podršci naučnim istraživanjima, koja su od suštinskog značaja za razvoj društva zasnovanog na znanju (ugovor br. 4451-03-136/2025-03/200126).

Takođe, autori zahvaljuju uredniku i anonimnom recenzentu na korisnim sugestijama koje su značajno doprinele unapređenju kvaliteta i jasnoće samog rada.

Posebnu zahvalnost upućujemo gradu Prijedoru na podršci i organizaciji stručnog skupa „Rudarstvo, geologija i zaštita životne sredine: Istine i zablude“, na kojem je Milica Stepanović predstavila rezultate istraživanja na temu „Istraživanje i potencijal podzemnih voda na području grada Prijedora“, a koje je obavila u saradnji sa prof. dr Dragoljubom Bajićem.

LITERATURA

- [1] Ministarstvo industrije, energetike i rudarstva, *Mineralne sirovine Republike Srpske*. Monografija. Zvornik: „Vladkom“ Zvornik. ISBN: 978-99955-706-0-6. Carron Mero P., Herrera Franco, 2011.
- [2] Haigh M, Woodruffe P, D'Aucourt M, Alun E, Wilding G, Fitzpatrick S, Filcheva E, Noustrova M. Successful Ecological Regeneration of Opencast Coal Mine Spoils through Forestation: From Cradle to Grove. *Minerals*, 10(5): 461. <https://doi.org/10.3390/min10050461>, 2020.
- [3] Terekhov Y, Litvinov Y, Fenenko V, Drebenstedt C. Management of Land Reclamation Quality for Agricultural Use in Opencast Mining. *Mining of Mineral Deposits*, 15 (1): 112-118. <https://doi.org/10.33271/mining15.01.112>, 2021.
- [4] Szafarczyk A., Gawalkiewicz R. An Inventory of Opencast Mining Excavations Recultivated in the Form of Water Reservoirs as an Example of Activities Increasing the Retention Potential of Natural Environment: a Case Study from Poland. *Geology, Geophysics & Environment*, 49 (4): 401-418. <https://doi.org/10.794/geol.2023.49.4.401>, 2023.
- [5] Singh R. S, Ghosh P. Geotourism Potential of Coal Mines: An appraisal of Sonepur-Bazari Open Cast project, India. *International Journal of Geoheritage and Parks (Elsevier)*, 9 (2): 172-181. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.02.007>, 2021.
- [6] Carron Mero P, Herrera Franco G, Briones J, Caldevilla P, Dominguez-Cuesta M. J, Berrezueta E. Geotourism and Local Development Based on Geological and Mining Sites Utilization, Zaruma-Portovelo, Ecuador. *Geosciences*, 8:205. <https://doi.org/10.3390/geosciences8060205>, 2018.
- [7] Ghazi M. J, Hamdollahi M, Moazzen M. Geotourism of Mining Sites in Iran: an Opportunity for Sustainable Rural Development. *International Journal of Geoheritage and Parks (Elsevier)*, 9 (1): 121-142. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.02.004>, 2021.
- [8] Pardave L. W, Reyes C. A. R, Galvis C. S. A Geomining theme park in the Vetaz-California mining district (Santander): An Integrated approach for Assessing the Geotourism and Geoeducation Potential. *Rev. Inst. Investig. Fac. Minas. Metal. Clenc. Geogr.* 26 (52): 25391. <https://doi.org/10.15381/-iigeo.-v26i52.25391>, 2023.
- [9] Štrba L, Vravcova A, Podolakova M, Varcholova L, Kršak B, Linking Geoheritage or Geosite Assessment Results with Geotourism Potential and Development: A Literature Review. *Sustainability*, 15 (12): 9539. <https://doi.org/10.3390/su15129539>, 2023
- [10] Morrisby E. Down-under down under. *Quadrant*, 32 (12): 24-28. <https://search.informit.org/-/info/118271710780805>, 1988.

- [11] Wirth P, Černič Mali B, Fisher W. Problems and Potentials of Post-Mining Regions. In: Post-Mining Regions in Central Europe. *Problems, Potentials, Possibilities*, p. 14-30. ISBN: 978-3-86581-294-0, 2012.
- [12] Jurić M. *Tumač za list Prijedor*, L33-118. Savezni geološki zavod, Beograd, 1975.
- [13] Toholj N, Jolović B, Glavaš S, Mitrović S. *Tumač hidrogeološke karte 1:300 000*. Republički zavod za geološka istraživanja Republike Srpske, 2016.
- [14] OGK lista „Kostajnica“, L33-106, 1: 100 000.
- [15] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, *Sl. glasnik SRJ*, br. 42/1998, 44/1999 i 28/2019.
- [16] Zakon o Rudarstvu Republike Srpske, *Sl. glasnik RS*, br. 62/18.
- [17] Dimitrijević N. *Hidrohemija*. Univerzitetski udžbenik. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 1988.
- [18] Krunić O. *Mineralne vode*. Univerzitetski udžbenik. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 2012.
- [19] Dimitrijević B. *Optimizacija upravljanja procesima rekultivacije površinskih kopova uglja*. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 2014.

SUMMARY

POTENTIAL UTILIZATION OF MINERAL WATERS IN THE PRIJEDOR AREA, REPUBLIC OF SRPSKA

The area surrounding the city of Prijedor remains notable for coal extraction from the “Bukova Kosa-Prijedor” open-pit mine. The coal deposit is linked to Miocene sediments ($M_{1,2}$ stage) within the Palančište lake basin. Hydrochemical analyses of water samples from the broader vicinity of the mine have revealed elevated concentrations of sulfate ions and increased mineralization. These characteristics suggest potential for alternative uses of the water, such as bottling, balneological applications, and spa tourism, contingent upon prior land reclamation. While post-mining land is typically repurposed for agriculture, forestry, or artificial lakes, recent global trends show increasing interest in geotourism - visiting geologically and geographically significant sites, including former mines. This paper explores the potential for developing spa tourism on the reclaimed land of the current open-pit mine, aligning with sustainable and innovative land-use practices.

Key Words: sulfate ions, reclamation, geotourism, spa tourism